



TITLE:

# Design of Bioactive Materials with High Fracture Toughness( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Kimu, Hyonmin

---

CITATION:

Kimu, Hyonmin. Design of Bioactive Materials with High Fracture Toughness. 京都大学, 1997, 博士(工学)

ISSUE DATE:

1997-03-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/202290>

RIGHT:

氏 名	キム ヒョン ミン 金 鉉 敏
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1592 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 材 料 化 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Design of Bioactive Materials with High Fracture Toughness (高靱性生体活性材料の設計)

論文調査委員	(主 査) 教 授 小久保 正	教 授 曾我直弘	教 授 八尾 健
--------	--------------------	----------	----------

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、人工骨材料として有用な、骨と結合する生体活性と高靱性を併せ示す材料を設計する指針を追究した結果をまとめたものであって、序論、本論6章及び総括からなっている。

序論では、生体活性セラミックスの現状と問題点を概説し、高靱性を示す金属材料に生体活性を付与することの重要性を指摘している。また、人工材料の生体活性は擬似体液中で材料表面に骨類似アパタイトが形成されるか否かを調べることににより判定できることを述べている。

第1章では、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系ガラスについて、その表面での擬似体液中におけるアパタイト形成能が組成によりいかに変化するかを調べた結果を述べている。アパタイト成分の  $\text{CaO}$  も  $\text{P}_2\text{O}_5$  も含まない  $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  系ガラスでも、アパタイトを形成し得ることを明らかにしている。

第2章では、 $\text{Na}_2$  あるいは  $\text{K}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$  系ガラスについて、その表面での擬似体液中におけるアパタイト形成能が組成によりいかに変化するかを調べた結果を述べている。 $\text{SiO}_2$  を主成分とせず  $\text{K}_2\text{O}$  と  $\text{TiO}_2$  を主成分とするガラスでも、アパタイトを形成し得ることを明らかにしている。

第3章では、以上の結果に基づいて、水酸化ナトリウム水溶液で表面処理したチタン金属について、その表面での擬似体液中におけるアパタイト形成能を調べた結果を述べている。チタン金属は、水酸化ナトリウム水溶液処理により、その表面にチタン酸ナトリウムのゲル層を形成し、擬似体液中で表面にアパタイト層を形成するようになることを明らかにし、そのアパタイト層形成機構を解析している。

第4章では、水酸化ナトリウム水溶液で表面処理した後加熱処理したチタン金属について、その表面での擬似体液中におけるアパタイト形成能を調べた結果を述べている。加熱処理によりチタン酸ナトリウムゲル層は、機械的に安定で、しかもアパタイト形成能を示す非晶質チタン酸ナトリウム層に変化することを明らかにし、チタン金属に水酸化ナトリウム水溶液処理及び加熱処理を施すことにより、高い生体活性と高靱性を併せ示す材料が得られることを示している。

第5章では、同様の水酸化ナトリウム水溶液及び加熱処理を機械的物性により優れた  $\text{Ti}-6\text{Al}-4\text{V}$ ,

Ti-6Al-2Nb-Ta, Ti-15Mo-5Zr-3Al 等のチタン合金に適用し、その表面での擬似体液中にけるアパタイト形成能を調べた結果を述べている。チタン合金もチタン金属と同様に、水酸化ナトリウム水溶液及び加熱処理により、それら表面に非晶質チタン酸ナトリウム層を形成し、擬似体液中でアパタイト層を形成するようなことを明らかにし、この方法により各種チタン合金にも生体活性を付与し得ることを示している。

第6章では、水酸化ナトリウム水溶液及び加熱処理を施したチタン金属が擬似体液中で形成するアパタイト層について、その金属基板への結合強度を調べた結果を述べている。同アパタイト層は、従来の生体活性セラミックスのいずれよりも強固に基板に結合することを明らかにし、その原因は、表面のアパタイト層から内部の金属に向けて傾斜構造をとるためであることを示している。

総括では、本研究の結果の概要を述べ、チタン金属及びその合金に簡単な水酸化ナトリウム水溶液及び加熱処理を施すことによって、人工骨材料として有用な、生体活性と高靱性を併せ示す材料を設計することが可能であると結論している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、骨と結合する生体活性と高い靱性を併せ示す人工骨用材料を設計する情針を研究した結果をまとめたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1.  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  系及び  $\text{M}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$  ( $\text{M}=\text{Na}, \text{K}$ ) 系ガラスについて、擬似体液中におけるそれらの表面でのアパタイト形成能を調べ、カルシウムやリン酸を含まないアルカリケイ酸塩やアルカリチタン酸塩のガラスでも生体活性を示し得ることを明らかにした。

2. これらの結果に基づき、チタン金属に水酸化ナトリウム水溶液処理を施すと、表面にチタン酸ナトリウムのゲル層が形成され、擬似体液中でその表面にアパタイト層を形成するようになること、及び続いて加熱処理を施すと、表面層がアパタイト形成膜を失うことなく非晶質チタン酸ナトリウム層として安定化されることを明らかにした。すなわち、これらの簡単な表面処理により生体活性と高靱性を併せ示す材料が得られることを示した。

3. 同様の水酸化ナトリウム水溶液及び加熱処理を、チタンを主成分とする種々の合金に施し、同表面処理は各種チタン合金に生体活性を付与するためにも有効なことを明らかにした。

4. 上記表面処理を施したチタン金属上に形成されるアパタイト層は、表面から内部に向け傾斜構造をとるので、基板金属に強固に結合されることを明らかにした。

以上、要するに本論文は、簡単なアルカリ及び加熱処理より、高靱性を有するチタン及びその合金に生体活性を付与し得ることを明らかにしたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として、価値あるものと認める。また、平成9年1月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。